

8. ワークショップ 2 電気分解と電池

荻野 和子

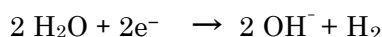
I. 電気分解

1. 実験の概要

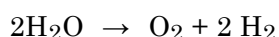
水の電気分解の際、陽極では次のように



水素イオンを生じるので酸性になる。陰極では



水酸化物イオンを生じるのでアルカリ性になる。両極の反応を合わせると



となる。この実験で発生した気体に火を近づけてみよう。

水は電気をほとんど通さない。そのため電気分解のときには電解質を加える。電解質としては、水酸化ナトリウム、硫酸や硫酸ナトリウムがよく使われる。電解質によっては、電気分解を受ける。いろいろな電解質水溶液を電気分解するとどのような反応が起こるか考え、確かめる実験をしよう。

2. 実験器具等

飽和 NaCl, 1 mol/L CuSO₄, 1 mol/L CuCl₂, 1 mol/L Na₂SO₄, 1.0 mol/L NaOH, 12・ウェルセルプレート 1枚, 導線 2本, プラスチックピペット, 待ち針, ろ紙, 乾電池 (3V~9Vの直流電源), 炭素棒 (乾電池用, 東芝乾電池から恵与されたものである) 3本, ユニバーサル pH試験紙, 色素液

3. 実験の手順

1) スポイトの中で水を電気分解しよう(爆鳴気とは?)

この実験はまわりの人に知らせてから行う。

ア. プラスチックピペットに Na₂SO₄ あるいは NaOH 溶液¹⁾を肩のところまで吸い上げる。

イ. 待ち針 2本を互いに接触しないようにプラスチックピペットの肩に刺す。

ウ. セルプレートの一つのウェルに水道水を九分目と洗剤 5滴を入れる。

エ. プラスチックピペットを同じセルプレートの一つのウェルに立て、先端を洗剤の入ったウェルに入れる。(図1参照)

オ. 待ち針を乾電池につなぎ、電解を開始する。

カ. 洗剤を加えたウェルに泡が盛り上がったらか火を近づける。大きな音で爆発が起こる。爆鳴気と名づけられている気体である。

キ. 10秒ほどたって泡が再び盛り上がったらか火を近づける。

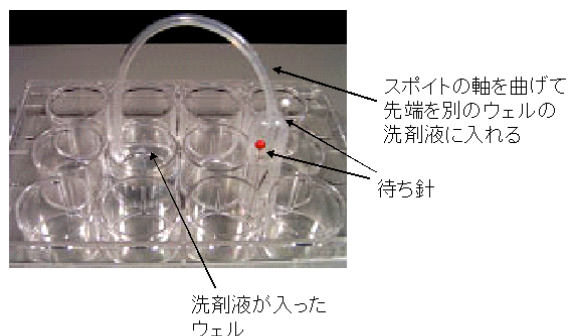


図1 電気分解で生じる気体を泡として集める

¹⁾ 水酸化ナトリウム NaOH は強アルカリ性でたいへん危険な薬品である。飛まつが目に入ると失明の危険がある。必ず眼鏡をかけること。手に触れたときは、すぐに手を洗う。

2) 電気分解でできる気体の体積比を調べよう

- ア. 超小型電解装置の組み立て：電解支持板の二つの穴にツベルクリン用プラスチック注射器のシリンダーを下から通す。シリンダーの縁をカッターで適宜切り落とし、12ウェルセルプレートの一つのウェルに、右の写真のように乗せられるようにする。注射器の先に二方活栓をつける。これらの注射器の0.80 mLの目盛のところに待ち針を刺し込んで電極とする。一度組み立てると、この器具は半永久的に繰り返し使うことができる。
- イ. セルプレートの一つのウェルにNaOH水溶液約3.5 mLを入れ、その上に注射筒付きの電解支持板を固定する。
- ウ. 注射筒の上の活栓にシリコンチューブを用いて2 mL注射器を接続し、活栓を開いて1 mL注射筒にNaOH水溶液を吸い上げ²⁾活栓を閉じる。
- エ. 2本の注射筒をNaOH水溶液で満たしたら、活栓を閉じチューブと2 mL注射器を外す。
- オ. 待ち針に乾電池を接続して電気分解を開始する。
- カ. 待ち針から気体の発生が観察される。注射筒の目盛で気体の体積を読み記録する。

探究実験 水酸化ナトリウム水溶液の代わりに炭酸ナトリウム水溶液を使うとどうなるだろうか。

3) 陽極と陰極での反応を観察しよう

プレートを洗い、水をぬぐって次の実験を行う。

図2 ホフマン型電解槽

ア. 硫酸ナトリウム中の水の電気分解

- ①電解シートに指示されているウェルに硫酸ナトリウム溶液約2 mLとBTB試験液を5滴入れる。
- ②ウェルを2分するようにろ紙片を立てる。
- ③その上に電極板を置き、2本の炭素電極がろ紙の両側にくるように立てる。
- ④導線を使って、電極を乾電池に正負を間違えないようにつなぐ。
- ⑤気体の発生、ろ紙の両側の色の変化を観察する。においはどうか。結果をシートに記入する。
どうしてこのような変化が起こるかシートの反応式と見比べて説明考察しよう。
- ⑥電気分解後、両極を隔てていたろ紙を除き、液をかき混ぜ液性を調べる。

イ. 塩化ナトリウム溶液の電気分解³⁾

- ①シートに指示されているウェルに塩化ナトリウム溶液約2 mLと食紅液を5滴入れる。
- ②ウェルを2分するように、ろ紙片を立てる。
- ③その上に電極板を置き、そこに炭素電極を2本立てる。
- ④導線を使って乾電池に正負を間違えないようにつなぐ。
- ⑤気体の発生、色の変化を観察する。においはどうか。どうしてこのような変化が起こるか説明しよう。

2) 安全のために濃い水酸化ナトリウムを避けたいときは、2mol/L炭酸ナトリウム溶液あるいは、2mol/L硫酸ナトリウムに少量の水酸化ナトリウムを加えたものでもよい。また、離れたところからみやすくするために、色素を加えて着色するのもよい。

3) ここでは飽和食塩水を使う。希薄な食塩水を使うと、水の電気分解と食塩水の電気分解が同時に起こる。

ウ. 任意の電解質水溶液の電気分解

用意してある炭酸ナトリウム、酢酸ナトリウム、塩化銅(Ⅱ)、塩化カリウム、硫酸マグネシウムなどの電解質から適宜選び、電気分解の際どのような反応が起こるか予想してみよう。ア、イ.と同様に実験して確かめよう。電極で起こっている反応を化学反応式で表そう。

食紅、pH指示薬など適宜加えて予想を確かめよう。

銅の析出した炭素電極について：銅塩の電解後、炭素電極には金属銅が付着する。そのため銅塩の電解は最後に行う。析出した銅は希硝酸で溶かし、電極をしばらく純水に入れて酸を除く。あるいは、銅の析出した電極を陽極にして電解を行う。そうすると陰極に金属銅を集めることができる。これは銅の電解精錬と関係付けて説明できる。

II 電池をつくろう（化学エネルギーを電気エネルギーに変える）

1. ダニエル電池

高校の教科書に必ず出てくるダニエル電池を、セルプレートを使ってつくってみよう。ダニエル電池は教科書には図3のように描かれている。素焼きと書いてある壁は正極の部分と負極の部分に分けるもので、イオンを通す。マイクロスケール実験では、素焼きの代わりに透析チューブを使う。ここでは化学エネルギーが電気エネルギーに変わるが、電気エネルギーを音のエネルギーに変換したり、運動のエネルギーに変換しよう。

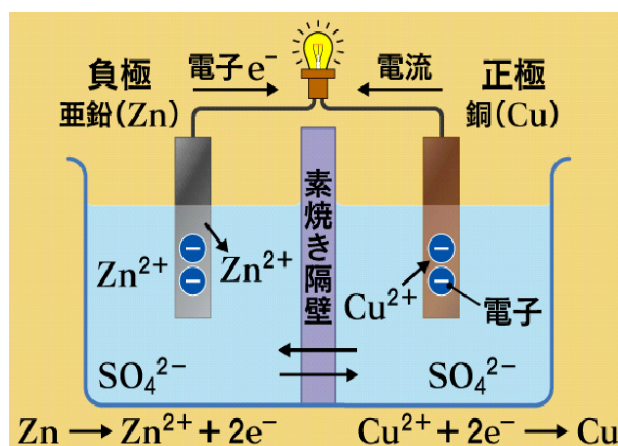


図3 ダニエル電池の模式図

①実験器具：

金属板:銅、亜鉛(いずれも7mm x 30mm)、マグネシウム、鉛。テスター、ICメロディー、プロペラつき小型モーター、半透膜(セルロース透析チューブ)、ろ紙、炭素棒

②実験の手順

- ア. シート2に記されているように一つのウェルに1 mol/L CuSO₄を約2 mLとる。
- イ. 長さ6 cmほどの透析チューブを純水で湿らせて柔らかくし、一端を縛り(結び目をつくる)袋状にして⁴⁾ 1 mol/L ZnSO₄約1 mLを入れる。
- ウ. この袋をCuSO₄の入ったウェルに立てる。
- エ. 1 mol/L CuSO₄中には銅板を、1 mol/L ZnSO₄中には亜鉛板を立て、これらの電極の電圧⁵⁾をテスターで測定する。
- オ. 電子メロディーやプロペラモーターにつないでみよう。
- カ. 各金属では、どのような反応が起こっているか。
- キ. 全体ではどのような反応が起こっているか。
- ク. 教科書によって、素焼きの隔壁ではなく、塩橋を使うダニエル電池がある。30mm x 5mmほどの細長いろ紙に硫酸ナトリウム水溶液をしみ込ませて塩橋にすることができる。隣りあった2

⁴⁾ この袋は繰り返し使うことができる。実験後、水道水で洗ったのち、純水中にしばらく放置後、取り出し自然乾燥させる。こわれないように、適切な容器に保存する。

⁵⁾ ダニエル電池の標準電位は1.10Vである。

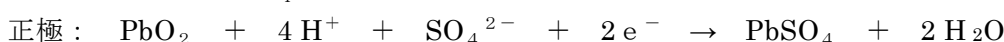
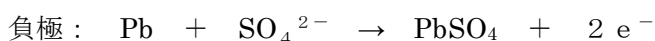
個のウェルの硫酸銅溶液と硫酸亜鉛溶液をこの塩橋でつないでマイクロスケールのダニエル電池をつくろう。

探究実験

1. ダニエル電池では、硫酸銅(II)－金属銅、硫酸亜鉛－金属亜鉛を使ったが、いずれか一方を硫酸マグネシウム－金属マグネシウムにすると電池になるだろうか。予想をたて、実験してみよう。
2. ダニエル電池の起電力の原因となっているのは、酸化還元反応である。小型試験管中で、硫酸銅(II)水溶液に少量の金属亜鉛を加えるとこの反応は起こるだろうか。電気的なエネルギーは見られるか。見られないとしたらそのエネルギーはどこにいったのだろうか。実験して考察しよう。

2 鉛蓄電池 シート3

鉛蓄電池の放電では次の反応が起こっている。



充電時にはその逆の反応が起こる。

① 鉛蓄電池をつくる

- ア. プレートの一つのウェルに 3.0 mol/L H_2SO_4 を 2.5 mL 取る。
- イ. 鉛板 2 枚を互いに接触しないようにこのウェルに立てる。
- ウ. これらの鉛板を 9V 乾電池に接続する。
- エ. 乾電池のプラス極に接続した鉛板の表面の変化を観察すること。
- オ. 数分たったら、乾電池をはずして、2 枚の鉛板の電圧を調べよう。
約 2V あれば鉛蓄電池として使うことができる。

② 放電

上の鉛蓄電池に電子メロディーやプロペラモーターにつなぎ、そのとき電流がどのように流れるのか考えよう。

③ 充電

放電の結果、モーターが回らなくなったら、乾電池を接続して充電しよう。

3 燃料電池の原理

燃料電池は、発電装置の 1 種である。水素を使う燃料電池は、「水の電気分解」と逆の原理で発電する。水の電気分解は、水に外部から電気を通して水素と酸素に分解するが、燃料電池はその逆で、水素と酸素を電気化学的に反応させて電気をつくる。

① 電池をつくる

- ア. 12 ウェルプレートの一つのウェルに 2 mol/L 水酸化ナトリウム溶液約 2.5 mL を入れ、電解指示板を載せる。
- イ. 電解支持板の二つの穴に炭素電極をそれぞれ入れる。
- ウ. 炭素電極に 9V 乾電池をつなぎ、約 1 分電解する。乾電池をはずし、2 本の炭素棒間の電圧を測ってみよう。

② 放電

再度約 1 分電解する。乾電池をはずし、電子メロディーをつないでみよう。
このとき、両電極で起こっている反応を式に書いてみよう。

探究

なぜ近年燃料電池が話題になっているのだろうか。水素を燃焼させて熱エネルギーを得るのと、燃料電池を用いてエネルギーに変えるのと、得失を比較しよう。

参考文献

1. 水の電気分解でできる気体の体積比を示すマイクロスケール実験, 荻野和子, 化学と教育, 55 巻, 2 号, 82-83, 2007
2. 高校化学のスマールスケール生徒実験—簡単にできる電気分解, 荻野 和子, 東海林恵子, 化学と教育, 46, 742-743, 1998
3. 電池に関するいくつかのスマールスケール実験, 東海林恵子, 荻野 和子, 化学と教育, 49, 712 (2001)